



Optimización de la solución nutritiva Steiner a diferentes concentraciones en flor de cáñamo medicinal (*Cannabis sativa* L.) var. Cherry Oregon, bajo invernadero

Arcos Molina, Michelle Antonella

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Pérez Guerrero Patricio Alejandro, PhD.

20 de julio del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de titulación: **Optimización de la solución nutritiva Steiner a diferentes concentraciones en flor de cáñamo medicinal (*Cannabis sativa* L.) var. Cherry Oregon, bajo invernadero**, fue realizado por la señorita: **Arcos Molina, Michelle Antonella**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 20 de julio del 2023



PATRICIO ALEJANDRO
PEREZ GUERRERO

Ing. Pérez Guerrero, Patricio Alejandro, PhD

C.C. 1802941011

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos



TESIS Michelle Arcos IASA revisión pl...

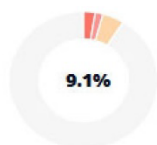
Scan details

Scan time:
July 20th, 2023 at 12:47 UTC

Total Pages:
34

Total Words:
8463

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
● Identical	2.6%	221
● Minor Changes	1.7%	145
● Paraphrased	4.7%	400
● Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage
● AI text
● Human text



firmado electrónicamente por:
**PATRICIO ALEJANDRO
PEREZ GUERRERO**

Ing. Pérez Guerrero, Patricio Alejandro, PhD

C.C. 1802941011



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría:

Yo, **Arcos Molina, Michelle Antonella** con cédula de ciudadanía No 1727127456, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo titulación: **Optimización de la solución nutritiva Steiner a diferentes concentraciones en flor de cáñamo medicinal (*Cannabis sativa* L.) var. Cherry Oregon, bajo invernadero**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 20 de julio del 2023

.....
Arcos Molina, Michelle Antonella
C.C.: 1727127456



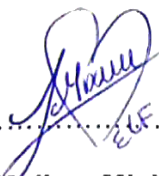
Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación:

Yo, **Arcos Molina, Michelle Antonella** con cédula de ciudadanía No.1727127456 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Optimización de la solución nutritiva Steiner a diferentes concentraciones en flor de cáñamo medicinal (*Cannabis sativa* L.) var. Cherry Oregon, bajo invernadero en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.**

Sangolquí, 20 de julio del 2023



Arcos Molina, Michelle Antonella

C.C. 1727127456

Dedicatoria

A Dios, por su infinito amor del cual soy testigo y me ha permitido transmitirlo en cada campo de mi vida, a mi mamita María por guiarme en este caminar e interceder por mí.

A mis abuelitos, Carmela y Antonio, por ser mi inspiración para seguir esta carrera. A mis padres, German y Guadalupe, por su amor, paciencia y esmero en acompañarme en cada uno de mis sueños y metas y apoyarme en cada uno de ellos, agradezco que con su ejemplo me han demostrado la perseverancia para conseguir las cosas. Son el motor de mi vida.

A mi hermana Jissela, por su ejemplo, amor, apoyo incondicional, por ser mi inspiración y consuelo en los momentos de dificultad. A mis hermanos Gustavo y Anthony, por ser mis compañeros durante este proceso, alentarme en mis peores momentos y ser mi paraguas en medio de la tormenta. A mi sobrino Benjamín, por demostrarme que las batallas no miden la capacidad sino la voluntad. A mis tías y primas, por su constante apoyo y ánimo durante este proceso. A mi tío Luis, por ser mi ejemplo en el campo agrícola y pecuario y demostrarme la perseverancia del campo y la vida.

A mis amigos y amigas que han sido parte fundamental de mi vida y me han brindado su ayuda y amparo en cada etapa de este proyecto. Son el tesoro invaluable de mi vida.

Y a mí, por no dejarme vencer.

Agradecimientos

A Dios por mostrarme su grandeza mediante su creación y darme las posibilidades y capacidades de estudiarla consiguiendo mis objetivos. A mi amada madre María, por su constante intercesión y compañía. A mis padres, German y Guadalupe, por su esfuerzo, amor y apoyo incondicional para cumplir cada uno de mis objetivos. A mi hermana, hermanos, tías, primas, cuñado y sobrino, por acompañarme y apoyarme durante la fase de campo de este proyecto de investigación y en cada aventura. A la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA 1 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por la constante formación impartida por sus docentes excelentes, llenos de conocimiento y experiencia, que forjan increíbles profesionales. A mis amigos y colegas, Kim, Miguel, Jorge, Mire, Mau, Luis, Isaac, Zuca, Prys, Mishell y Brad y a todos aquellos que hicieron de mi experiencia universitaria una aventura inolvidable. A mis amigos y compañeros tesisistas, Fabricio y Oso por su apoyo y ayuda continua durante todo este proceso.

Al Departamento de Manejo de Suelos y Agua del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, por la oportunidad y el privilegio de realizar esta investigación, ayudarme con las instalaciones, materiales e insumos necesarios, en especial al Dr. Yamil Cartagena por guiarme durante el proyecto de investigación, al Ing. Rafael Parra, por su apoyo constante, su asistencia técnica y amistad. Al Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, por su colaboración en la etapa de laboratorio de la investigación. Al Fondo de Investigación para la Agrobiodiversidad, Semillas y Agricultura Sustentable (FIASA) por permitirme ser parte del proyecto, brindarme las facilidades para realizarlo, junto con su excelente equipo, en especial al Dr. Jorge Merino, Ing. Paul Mejía, Ing. Doménica Endara, Ing. David y Ing. Marco mis docentes, en especial a mi tutor, Dr. Patricio Pérez y a mis revisores que me acompañaron arduamente durante todo este proceso, Ing. Pablo Landázuri y el Dr. César Falconi.

Índice de contenidos

Carátula	1
Certificación	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Índice de contenidos	8
Índice de tablas	12
Índice de figuras	14
Resumen	15
Abstract	16
CAPÍTULO I	17
INTRODUCCIÓN	17
Antecedentes	17
Justificación	19
Objetivos	19
Objetivo General	19
Objetivos Específicos	19
Hipótesis	20
CAPITULO II	21
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y REFERENCIAL	21
El cultivo de cáñamo <i>Cannabis sativa</i>	21
Origen	21

Taxonomía.....	21
Morfología del cáñamo	21
Variedad Cherry Oregon.....	22
Cannabinoides.....	22
THC	23
CBD.....	23
Solución Steiner.....	24
CAPITULO III	26
MATERIALES Y MÉTODOS	26
Ubicación del área de investigación.....	26
Área de investigación.....	26
Características climáticas	26
Factores en estudio	27
Unidad Experimental.....	27
Tratamientos.....	27
Diseño experimental	28
Análisis estadístico	29
Análisis funcional	30
Manejo específico del experimento.....	30
Establecimiento del experimento	30
Análisis físico - químico del sustrato, agua y plantas	30
Preparación de las concentraciones de la solución nutritiva.....	31
Fertiirrigación	31
Manejo Integrado de insectos plaga y enfermedades	32
Cosecha	32

Métodos de evaluación	32
Variables agronómicas	32
Tasa de mortalidad de plantas	32
Altura de la planta	33
Diámetro a la altura de cuello.....	33
Estado fenológico	33
Días a la Floración	33
Presencia de flores macho.....	34
Variables de laboratorio	34
Rendimiento de Biomasa seca.....	34
Contenido de THC y CBD en las flores	35
CAPITULO IV	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
Variables agronómicas	37
Tasa de mortalidad de las plantas	37
Altura de la planta C. sativa	37
Diámetro a la altura del cuello.....	39
Estado fenológico	40
Días de floración.....	41
Presencia de flores macho.....	42
Variables de laboratorio	43
Materia Seca.....	43
Rendimiento.....	44
Contenido de THC y CBD en las flores.....	45
Curvas de crecimiento	46

Altura (cm)	46
Diámetro a la altura del cuello (cm).....	48
Estado fenológico	49
CAPÍTULO V	51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
Conclusiones	51
Recomendaciones	52
BIBLIOGRAFÍA	53

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Ubicación del invernadero Estación Experimental Santa Catalina, Pichincha</i>	26
Tabla 2 <i>Características climáticas del invernadero Estación Experimental Santa Catalina Pichincha</i>	27
Tabla 3 <i>Composición iónica y potencial osmótico de los tratamientos, para la determinación del efecto de las concentraciones de la solución nutritiva Steiner sobre el rendimiento de flor de cáñamo medicinal (Cannabis sativa L.) var. Cherry Oregon, bajo invernadero</i>	27
Tabla 4 <i>Esquema del análisis de la varianza, para las variables agronómicas en la determinación del efecto de las concentraciones de la solución nutritiva Steiner sobre el rendimiento de flor cáñamo medicinal (Cannabis sativa L.) var. Cherry Oregon, bajo invernadero</i>	29
Tabla 5 <i>Esquema del análisis de la varianza, para las variables de laboratorio en la determinación del efecto de las concentraciones de la solución nutritiva Steiner sobre el rendimiento de flor cáñamo medicinal (Cannabis sativa L.) var. Cherry Oregon, bajo invernadero</i>	30
Tabla 6 <i>Tasa de mortalidad de plantas de C. sativa var Cherry Oregon por efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner</i>	37
Tabla 7 <i>Altura en plantas de C. sativa var Cherry Oregon por efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner</i>	38
Tabla 8 <i>D.A.C en plantas de C. sativa var Cherry Oregon por efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner</i>	39
Tabla 9 <i>Efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner en el estado fenológico de plantas de C. sativa var Cherry Oregon</i>	40

Tabla 10 <i>Efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner en la cantidad de flores macho en C. sativa var Cherry Oregon</i>	42
Tabla 11 <i>Efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner en la materia seca en plantas de C. sativa var Cherry Oregon</i>	43
Tabla 12 <i>Efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner en el rendimiento de plantas de C. sativa var Cherry Oregon</i>	44
Tabla 13 <i>Contenido de cannabinoides en plantas de C. sativa var Cherry Oregon por efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner</i>	45

Índice de figuras

Figura 1 <i>Croquis experimental</i>	28
Figura 2 <i>Días de floración en C. sativa var Cherry Oregon</i>	41
Figura 3 <i>Altura de las plantas de C. sativa var. Cherry Oregon por efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner</i>	47
Figura 4 <i>Diámetro a la altura del cuello (D.A.C) en C. sativa var Cherry Oregon por efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner</i>	48
Figura 5 <i>Estado fenológico en plantas de C. sativa var Cherry Oregon por efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner</i>	49

Resumen

El adecuado manejo nutricional es crucial para el desarrollo y producción de cannabinoides en el cultivo de *Cannabis sativa* var Cherry Oregon, asegurando el cumplimiento de regulaciones vigentes. Esta investigación determinó la dosis óptima de la solución nutritiva Steiner a diferentes concentraciones en plantas de cáñamo medicinal. Fue realizada en el invernadero del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP en Ecuador, se emplearon 5 concentraciones de Steiner (50, 75, 100, 125, 150%). Variables agronómicas como altura, diámetro del cuello, estado fenológico, días de floración y presencia de flores macho se evaluaron, al igual que biomasa seca y contenido de cannabinoides en flores. Se observó efecto significativo ($\alpha > 0.05$) en altura y diámetro del cuello. La floración inició 37 días después del trasplante con flores pistiladas emergentes, seguida por engorde a los 78 días y senescencia a los 119 días. El tetrahidrocannabinol (THC) se mantuvo $< 1\%$, cumpliendo la regulación. Concentraciones 75% y 100% de la solución mostraron niveles superiores de cannabidiol (CBD) con 15,3% y 15,15%, respectivamente. La solución nutritiva al 125% y 100% promovió mayor crecimiento en altura y diámetro a la altura del cuello. La concentración al 125% también obtuvo mayor rendimiento con 810 g.m⁻² o 8,1 Tn. Ha⁻¹, superando al resto de concentraciones. En resumen, este estudio destaca la importancia del manejo nutricional en el cultivo de *Cannabis sativa* para optimizar la producción de cannabinoides y cumplir con las regulaciones, identificando concentraciones de solución nutritiva que mejoran características agronómicas y rendimiento de biomasa seca.

Palabras clave: CÁÑAMO, NUTRICIÓN, SOLUCIÓN STEINER, CANNABINOIDES

Abstract

Proper nutritional management is crucial for the development and production of cannabinoids in the cultivation of *Cannabis sativa* var Cherry Oregon, ensuring compliance with current regulations. This research determined the optimal dosage of Steiner nutrient solution at different concentrations in medicinal hemp plants. It was carried out in the greenhouse of the Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP in Ecuador, using 5 concentrations of Steiner (50, 75, 100, 125, 150%). Agronomic variables such as height, neck diameter, phenological stage, days of flowering and presence of male flowers, as well as dry biomass and cannabinoid content in flowers were evaluated. A significant effect ($\alpha > 0.05$) was observed for height and collar diameter. Flowering started 37 days after transplanting with emerging pistillate flowers, followed by fattening at 78 days and senescence at 119 days. Tetrahydrocannabinol (THC) remained $< 1\%$, complying with regulations. The 75% and 100% solution concentrations showed higher levels of cannabidiol (CBD), at 15.3% and 15.15%, respectively. The 125% and 100% nutrient solution promoted greater growth in height and diameter at neck height. The 125% concentration also obtained higher yields with 810 g.m⁻² or 8.1 Tn. Ha⁻¹, surpassing the other concentrations. In summary, this study highlights the importance of nutritional management in *Cannabis sativa* cultivation to optimize yield.

Keywords: HEMP, NUTRITION, STEINER SOLUTION, CANNABINOIDS

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El cáñamo (*Cannabis sativa* L.) ha logrado posicionarse en el mundo por sus propiedades medicinales y consumo en forma recreativa en varios países; en este sentido se han creado modelos de regularización para su producción y consumo empezando por Europa, posteriormente en Estados Unidos y América Latina (Aranjo y Mateus, 2020). Este cultivo ocupó unas 67.404 ha a nivel mundial para el 2004 y para el 2019 se triplicó alcanzando 174.027 ha de las cuales América Latina específicamente Chile han sembrado 9.507 ha Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAOSTAT, 2021). Para el año 2019 en el Ecuador, debido a la falta de regulación, no existían registros formales de la existencia de cultivares de este género, no obstante, en el segundo semestre de ese año, se aprobó su uso con fines terapéuticos y medicinales mediante una modificación del Código Orgánico Integral Penal (COIP) formalizando los primeros pasos de la producción e industria del cannabis a escala nacional. De esta manera los estándares de producción externos son desconocidos para las latitudes y condiciones ecuatorianas; y, aunque las condiciones climáticas se caractericen como idóneas para la producción, la investigación se debe encaminar hacia la adaptabilidad y productividad Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2021).

El notable y rápido avance de la investigación en otros países en cuanto a sus propiedades productivas, medicinales y sobre todo genéticas han llegado a clasificar sus cultivares por su origen y por su potencial uso. De este modo la variedad de cáñamo Cherry Oregon es rica en Cannabidiol (CBD) con un 15% mientras que el contenido de tetrahidrocannabinol (THC) es alrededor de 1%, cumpliendo las normas de la regularización emitidas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) que están basadas en 7 tipos de

licencias para su importación, siembra, cultivo, cosecha, postcosecha, almacenamiento, transporte, procesamiento, comercialización y exportación Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2019). No obstante, el contenido de CBD depende de factores agrícolas, suelo, absorción de nutrientes, agua, luminosidad, así como del punto de cosecha (Garza, 2020). Un adecuado manejo de nutrientes se basa en la aplicación de las cantidades correctas en el momento apropiado; además el uso de una solución nutritiva (SN) permite aprovechar al máximo sus concentraciones y la relación de nutrientes (Favela *et al.*, 2006)

La Solución Nutritiva de Steiner se distingue por seis nutrientes esenciales: N, P, S, K, Ca y Mg, sus relaciones varían según su carga eléctrica (dS m^{-1}) entre aniones como: NO_3 , H_2PO_4 y SO_4^{2-} y cationes: K, Ca, Mg (Trejo y Gómez, 2012). Comúnmente los productores de cáñamo han empleado esta solución nutritiva ya sea a suelo o sustratos, las cuales están preparadas según los requerimientos nutricionales, la etapa de crecimiento y contenido de nutrientes del agua de riego y/o sustrato (Kaparovsky, 2020). La Universidad de Guelph en Canadá, para el año 2010 al realizar ensayos en un cultivo de cáñamo en interior con una solución nutritiva "Plant-Prod MJ TM M" (Master Plant-Prod Inc.), presentó contenidos de CBD mayores al 11% (Knight *et al.*, 2010) De este modo, es considerada ideal para analizar el crecimiento de la planta, permitiendo balancear la nutrición y determinar cómo esta influye en la concentración de cannabinoides, a su vez que no repercutan en los niveles de CBD o THC establecidos y estabilizados en la genética a utilizar.

Todo lo expuesto indican las ventajas, desde el consumo de agua eficiente (ahorro del 50 al 70% de agua disponible en las plantas); aprovechamiento de la solución y la relación sustrato-planta, pues en la actualidad se está sustituyendo el uso del suelo. Siendo la nutrición uno de los factores importantes para el cultivo del cáñamo. La presente investigación considera conveniente determinar el efecto de SN que influye en el rendimiento asociado a su etapa de

floración y el contenido de THC y CBD con fines de relacionar este experimento con otros futuros para definir recomendaciones nutricionales.

Justificación

El cáñamo al ser un cultivo nuevo en el país ha generado investigación hacia la nutrición del mismo, la literatura reporta que tanto la genética, como los factores físicos y químicos del entorno incidirán directamente en la síntesis y producción de metabolitos secundarios; sin embargo no reporta existencia de datos o información científica local sobre el manejo, nutrición y comportamiento agronómico de este cultivo; por lo tanto resulta necesario generar información que ayude a estandarizar el manejo del cultivo para mantenerlo dentro de la normativa vigente. En este contexto el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), considera que evaluar el efecto de las distintas concentraciones de la Solución Nutritiva Steiner, para obtener su optimización, logrará determinar su efecto en el comportamiento agronómico, fenológico y contenido de cannabinoides en flor de cáñamo medicinal (*Cannabis sativa* L.) var. Cherry Oregon, bajo invernadero, por lo cual se generará información de amplia utilidad dentro del ámbito agrícola con fines medicinales y económicos.

Objetivos

Objetivo General

- Determinar la dosis óptima de la solución nutritiva Steiner a diferentes concentraciones en flor de cáñamo medicinal (*Cannabis sativa* L.) var. Cherry Oregon, bajo invernadero.

Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de cinco concentraciones de la Solución Nutritiva Steiner, en la fenología del cáñamo medicinal.

- Determinar la dosis óptima de la solución nutritiva para el contenido de cannabinoides (CBD, THC).
- Establecer la optimización de la solución nutritiva para la producción de flor de cáñamo

Hipótesis

Ho: La concentración de la solución nutritiva Steiner no generan efecto en el rendimiento de cannabinoides

Hi: La concentración de la solución nutritiva Steiner generan efecto en el rendimiento de cannabinoides

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y REFERENCIAL

El cultivo de cáñamo *Cannabis sativa*

Origen

La planta del cáñamo, *Cannabis sativa*, tiene su origen en Asia central al norte del Himalaya, inicialmente se encontraba confinada en una zona que se extendía desde el oeste de Turquestán, hasta el este de Pakistán. El sur de China marcaba probablemente el límite más septentrional de este dominio original. Posteriormente, el cáñamo se ha extendido mucho más, en gran parte debido a la intervención del hombre. El cannabis, una especie dioica, pertenece a la familia de las cannabináceas, que sólo contiene otro género, el *Humulus*. A lo largo de la historia, la planta del cáñamo se ha utilizado ampliamente: las semillas se pueden comer y también producen aceite para las lámparas o la cocina; los tallos producen fibras para los textiles o la ropa; las cabezas y las hojas en flor producen resina utilizada como medicina o para la intoxicación (Brown, 2003).

Taxonomía

La clasificación taxonómica de *Cannabis sativa*, según (Fassio *et al.*, 2013) se describe como una planta dicotiledónea perteneciente a la familia Cannabaceae, del género *Cannabis*, especie *sativa*, conocida comúnmente como cáñamo.

Morfología del cáñamo

C. sativa se caracteriza por ser una planta herbácea anual que alcanza alturas de hasta 4 m de alto y de tallo erecto (Ángeles *et al.*, 2016). Sus hojas son palmadas estipuladas, las inferiores son opuestas y las superiores son alternas. Las hojas se encuentran sobre pecíolos de hasta 7 cm de largo y están compuestas de entre 3 a 9 folíolos angostos, su ápice es agudo, con márgenes serrados y tricomas glandulares recostados sobre el haz y el envés de un color

más claro. Los tricomas glandulares producen una resina como una forma de proteger a la planta contra las agresiones externas.

Tiene inflorescencias en las axilas de las hojas superiores o al terminar las ramas, con brácteas herbáceas y glandulosas. Las inflorescencias masculinas son ramificadas, laxas y con muchas flores; son pediceladas, con perianto de 5 sépalos (Ángeles *et al.*, 2016). Las flores femeninas son sésiles, su perianto es entero, unido al ovario, persistente en el fruto, su ovario se distingue por poseer un solo ovulo y dos estigmas. Su fruto es aquenio, de semilla única, ovoide, comprimida de color blanco o verdoso teñido de purpura, contenido por el perianto (Hanan y Mondragón, 2009).

Variedad Cherry Oregon

Cherry Oregon es una planta de cáñamo de bajo crecimiento con un rendimiento satisfactorio. Alcanza una altura de aproximadamente 1.21m. Se recomienda plantarla con un espaciado de 0.10 m para permitir un flujo de aire adecuado entre las hojas grandes y densas.

Estas plantas presentan una buena resistencia tanto al clima como a las plagas y se desarrollan de manera óptima sin necesidad de espalderas ni soportes (McMillan, 2019). Esta variedad se considera de etiqueta blanca, lo que significa que tiene menos de 149 mg/g de CBD. La flor de cáñamo contiene menos del 0,3% de THC Delta 9 y no es psicoactiva (Green Valley, 2020).

Cannabinoides

Los cannabinoides, son los principios activos de *C. sativa*, se conocen alrededor de 113 y están localizados y concentrados en las flores. Son compuestos terpeno-fenólicos, formados de 21 átomos de carbono. Los cannabinoides más conocidos y estudiados son el delta-9-tetrahidrocannabinol o tetrahidrocannabinol (THC), que es el más psicoactivo y a él se debe su clasificación como "droga", el cannabidiol (CBD), que no tiene efectos psicoactivos, el cannabinal (CBN) y otros cuyos efectos no son muy conocidos (León, 2017).

La biosíntesis de los cannabinoides se establece a partir de la ruta de terpenos precursores, como el isopreno y el ácido mevalónico formando la sustancia química conocida como pirofosfato de geranilo, que al unirse con el ácido olivetólico, forman ácido cannabigerólico o CBGA, por otro lado, si se adhiere al ácido divarínico da lugar al ácido cannabigevarólico o CBGVA. Los cuales son los elementos de partida de los cannabinoides. En el momento que el CBGA Y CBGVA se combinan con enzimas sintasas específicas a base de ácidos, mediante biosíntesis se transforman en uno de los principales cannabinoides, a través de la pérdida de átomos de hidrógeno, adoptan su forma ácida (Royal Queen Seeds, 2021).

La cosecha de cannabis se establece en un punto óptimo de madurez, sin embargo, los cannabinoides aún se mantienen de forma ácida, por lo cual el proceso de curado, permite la descarboxilación parcial de los cannabinoides. El proceso de descarboxilar es decir la separación del CO₂, ocurre a los 105°C con el proceso de fumado u horneado como en condiciones de alcalinidad (Tejedor, 2021).

THC

El THC es el cannabinoide, responsable de los efectos psicoactivos, tales como el entusiasmo, alivio y experiencias sensoriales intensas. Es el cannabinoide más abundante en la mayoría de las variedades de cannabis y posee efectos psicoactivos de mayor potencia. Es usado en el campo médico, para el control de las náuseas, vómitos, alentar el apetito y disminuir el dolor. Sus efectos secundarios son la ansiedad, psico actividad, depresión, déficit colinérgico, pérdida de la memoria inmediata de manera reversible, falta de concentración, alteración del equilibrio y coordinación de los movimientos, hiperemia conjuntival, sequedad de mucosas y aumento del sueño y apetito (García, 2018).

CBD

El CBD puede moderar los efectos psicoactivos del THC y tiene propiedades medicinales, por ejemplo, reduce las crisis epilépticas, actúa de manera primordial como

antagonista de los receptores 5HT_{1A}, abundante en el sistema nervioso central, en los tejidos neuronales del sistema digestivo y cardiovascular, provocando la disminución de la presión sanguínea, la frecuencia cardíaca, por la inducción de la vasodilatación periférica y mediante la estimulación del nervio vago. Sus propiedades ansiolíticas, analgésicas, antieméticas, antiepilépticas, antitumorales, antirreumáticas, neuro protectoras e inductoras de sueño, son empleadas de manera terapéutica. El CBD, modula la acción de THC, incrementa la biodisponibilidad y reduce los efectos secundarios de este (García, 2018).

Solución Steiner

Steiner (1961) empleo un método para el cálculo de la composición de la solución nutritiva, que satisface algunos requerimientos. Coic y Steiner (1973 ,1980) demostraron que la composición y concentración de la solución nutritiva depende del tipo de cultivo, el medio ambiente, la fase de desarrollo, la clase de hidroponía, es decir la frecuencia de renovación de soluciones. Destacan la elasticidad propia de las plantas y su correspondencia con el ambiente nutritivo, debido a que en el interior de la estructura vegetal se establecen sus propios límites para la absorción de los iones, independientemente de la relación mutua entre los iones de la solución nutritiva (Juárez, 2006).

Para cultivos sin suelo, cualquier proporción de iones y cualquier concentración total de sales puede especificarse siempre que no se excedan los límites de precipitación para combinaciones específicas de iones. Por lo tanto, la concentración de la solución nutritiva debe elegirse de manera que la planta absorba el agua y los iones totales en la misma proporción en que se encuentran en la solución (Steiner, 1961). Además, obtuvo una solución nutritiva universal, que se caracteriza por las relaciones mutuas entre aniones y cationes, expresadas en porcentaje del total de mM·l⁻¹. La demanda de la solución nutritiva universal, se establece en la presión osmótica para cada cultivo en una época determinada. Las relaciones mutuas

entre los iones en la Solución Nutritiva Universal de Steiner en porcentaje del total de $\text{mM}\cdot\text{l}^{-1}$ es de 60:5:35 para NO_3^- : H_2PO_4^- : SO_4^{2-} y 35:45:20 para K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+} .

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de investigación

Área de investigación

La investigación se realizó en el invernadero de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) ubicado en la parroquia Cutuglagua del Cantón Mejía, Provincia de Pichincha como se describe en la (Tabla 1).

Tabla 1

Ubicación del invernadero Estación Experimental Santa Catalina, Pichincha

Ubicación	Descripción
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Parroquia	Cutuglagua
Altitud	3059 m.s.n.m
Longitud	78° 33' 18.72" O
Latitud	0° 22' 2.07" S

Nota. Esta tabla muestra la ubicación del invernadero donde se desarrolló la investigación. Recuperado de Instituto Geográfico Militar (IGM, 2021).

Características climáticas

El sitio experimental fue el invernadero del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), de la Estación Experimental Santa Catalina que tiene las siguientes características agroclimáticas internas (Tabla 2).

Tabla 2

Características climáticas del invernadero Estación Experimental Santa Catalina Pichincha

Características ambientales	Descripción
Temperatura máxima promedio	33.7 °C
Temperatura mínima promedio	6.0 °C
Temperatura promedio	19.85 °C
Humedad relativa	75.6 %

Nota. La presente tabla indica las características ambientales del invernadero donde se desarrolló la investigación. Recuperado de (Vantage Pro 2, 2021).

Factores en estudio

El factor en estudio comprendió la Solución Nutritiva de Steiner en cinco concentraciones (50, 75, 100, 125 y 150%)

Unidad Experimental

La unidad experimental, fue constituida por una planta sembrada en una funda de plástico con capacidad de 22 litros. En cada tratamiento se empleó 17 plantas obteniendo un total de 85 plantas. Las plantas muertas, en la investigación, se manejaron estadísticamente como dato faltante

Tratamientos

El experimento abarcó un total de cinco tratamientos, caracterizada por cinco diferentes concentraciones de la Solución nutritiva Steiner, la cual exhibe distintas conductividades eléctricas.

Además, se incorporaron en el análisis, los niveles de equilibrio iónico correspondiente a cada tratamiento, que se encuentra detallado en la (Tabla 3).

Tabla 3

Composición iónica y potencial osmótico de los tratamientos, para la determinación del efecto de las concentraciones de la solución nutritiva Steiner sobre el rendimiento de flor de cáñamo medicinal (Cannabis sativa L.) var. Cherry Oregon, bajo invernadero

Tratamiento	Especies iónicas (meq L ⁻¹)									C.E (Ds m ⁻¹)	P.O (MP)
	NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄ ²⁻	Suma aniones	HC O ₃ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Suma cationes		
1	6,10	0,50	3,54	10,14	1,69	3,43	3,42	1,59	10,14	1,00	0,018
2	9,51	0,75	5,53	15,79	2,86	5,19	5,32	2,42	15,79	1,50	0,036
3	12,51	1,00	7,28	20,79	2,86	6,94	7,57	3,42	20,79	2,00	0,054
4	15,51	1,25	9,03	25,79	2,86	8,69	9,82	4,42	25,79	2,50	0,072
5	18,51	1,50	10,78	30,79	2,86	10,44	12,07	5,42	30,79	3,00	0,090

Nota. C.E= Conductividad Eléctrica. P.O= Presión Osmótica. Autoría propia.

Los microelementos (Fe, 3 mg L⁻¹; Mn, 1.52 mg L⁻¹; Zn, 0.35 mg L⁻¹; Cu, 0.23 mg L⁻¹; B, 0.71 mg L⁻¹; y Mo, 0.10 mg L⁻¹) se mantendrán constantes en todos los tratamientos.

Diseño experimental

Figura 1

Croquis experimental

T3 I	T1 VIII	T4 III	T2 VI	T3 III	T1 IX
T4 I	T2 I	T5 II	T1 VII	T4 VI	T3 IX
T1 X	T2 VII	T3 II	T2 XIV	T3 XIV	
T5 V	T3 XVII	T1 XIII	T4 XVI	T1 XI	T4 II
T3 XIII	T4 IX	T5 VI	T3 VIII	T2 VIII	T3 XV
T5 IV	T1 VI	T2 II	T5 III	T4 XII	
T4 XIII	T5 XV	T3 IV	T4 XVII	T1 XII	T2 III
T2 X	T4 X	T2 IX	T3 XVI	T4 V	T3 XI
T3 VII	T1 XV	T4 IV	T1 XVI	T2 XV	
T5 IX	T2 XI	T5 XI	T2 XII	T3 VI	T2 XVII
T2 V	T4 XI	T3 V	T1 XIV	T5 XII	T1 II
T1 IV	T5 XVI	T1 XVII	T5 XIII	T4 XIV	
T5 X	T4 XV	T2 IV	T3 XII	T2 XVI	T5 VII
T1 V	T5 VIII	T5 XIV	T2 XIII	T5 XVII	T1 III
T4 VIII	T3 X	T1 I	T5 I	T4 VII	

Nota. El gráfico representa el croquis utilizado para el desarrollo de la investigación. Autoría propia.

La investigación se realizó en condiciones de invernadero, con un diseño completamente al azar (DCA) como se visualiza en el croquis experimental de la Figura 1 y se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + D_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Rendimiento de flor de cáñamo medicinal;

μ = Media general,

D_i = Efecto del i -ésimo de la solución utilizada en la fertilización (dosis)

ϵ_{ij} = Error experimental.

Análisis estadístico

Los análisis de la varianza (Tabla 4) serán para las variables agronómicas (tasa de mortalidad, altura de la planta, diámetro a la altura del cuello, estado fenológico, días de floración, presencia de flores macho) las cuales corresponden a todas las plantas en estudio. El análisis de varianza (Tabla 5) para las variables de laboratorio (rendimiento de biomasa, contenido de CBD y THC) son las 3 observaciones por tratamiento para las pruebas de laboratorio.

Tabla 4

Esquema del análisis de la varianza, para las variables agronómicas en la determinación del efecto de las concentraciones de la solución nutritiva Steiner sobre el rendimiento de flor cáñamo medicinal (Cannabis sativa L.) var. Cherry Oregon, bajo invernadero

Fuentes de Variación	Grados de Libertad
Total	84
Tratamientos	4
Error	80

Nota. Autoría propia

Tabla 5

*Esquema del análisis de la varianza, para las variables de laboratorio en la determinación del efecto de las concentraciones de la solución nutritiva Steiner sobre el rendimiento de flor cáñamo medicinal (*Cannabis sativa* L.) var. Cherry Oregon, bajo invernadero*

Fuentes de Variación	Grados de Libertad
Total	14
Tratamientos	4
Error	10

Nota. Autoría propia

Análisis funcional

Al encontrar diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó un análisis estadístico utilizando la prueba de Tukey al 5% de significancia para determinar las diferencias entre ellos. Esto se realizó después de verificar los supuestos de normalidad, mediante la prueba de Shapiro Wilks y homogeneidad. Además, se emplearon curvas de crecimiento para determinar la dosis óptima de la solución nutritiva Steiner.

Manejo específico del experimento

Establecimiento del experimento

El experimento se estableció en condiciones de invernadero, en fundas plásticas de 30 cm x 30 cm x 25 cm, con capacidad de 22 L. En el experimento se utilizaron 85 fundas plásticas, en las cuales se colocará la mezcla del sustrato hasta su capacidad volumétrica

Análisis físico - químico del sustrato, agua y plantas

Se utilizó una mezcla de un sustrato inerte compuesto por turba (50%), cascarilla de arroz (30%) y pomina (20%), previamente esterilizado. Se tomó una muestra de 1 kg del sustrato, del cual se realizó análisis de las propiedades físicas como densidad aparente (Ds), humedad gravimétrica (θ_g) y las propiedades químicas como pH, conductividad eléctrica (CE),

materia orgánica (MO), macroelementos (N, P, K, Ca, Mg y S) y microelementos (Fe, Cu, B, Zn y Mn). Mientras que para el agua se muestreo 1 litro, para los análisis químicos, como pH, conductividad eléctrica (CE), aniones (SO_4^- , Cl^- , HCO_3^- y CO_3^-) y cationes (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+). Todo esto se realizó en el Laboratorio de Manejo de Suelos, Plantas y aguas de la EESC.

También se tomó una muestra de 50 gr de flores en peso seco por tratamiento para el análisis de concentración de cannabinoides, específicamente THC y CBD por cada tratamiento mediante extracción con solvente y cromatografía de alta resolución en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de la EESC.

Preparación de las concentraciones de la solución nutritiva

Se utilizaron cinco recipientes de 200 litros cada uno para las concentraciones. En cada recipiente se colocaron las dosis correspondientes de los fertilizantes para cada tratamiento de estudio, consultar los Apéndice 1, Apéndice 2, Apéndice 3, Apéndice 4 y Apéndice 5.

Estos se mezclaron y aplicaron durante cinco veces a la semana, dos veces al día, en un periodo de 17,38 semanas. Debido a la naturaleza salina de la solución nutritiva, se realizaron lavados, dos veces a la semana, una vez al día, en un periodo de 17,38 semanas.

Fertiirrigación

La fertilización se realizó por fertiirrigación, se utilizaron las soluciones nutritivas, según los tratamientos en estudio (Apéndice 1, Apéndice 2, Apéndice 3, Apéndice 4 y Apéndice 5).

El volumen de agua que se utilizó fue de 0.2 litros hasta 1 litro por planta y por día, desde el trasplante hasta la cosecha según la fenología del cultivo. Las soluciones nutritivas tuvieron una frecuencia de aplicación de 5 días a la semana, dos veces al día y los dos últimos días de la semana sólo con agua.

Las propiedades químicas del agua de riego y de las soluciones nutritivas como la conductividad eléctrica y el pH se monitorearon cada semana.

Manejo Integrado de insectos plaga y enfermedades

Se realizaron monitoreos en forma frecuente para determinar la incidencia de las diferentes plagas y enfermedades. Las aplicaciones para el control específico se realizaron en función de su presencia. Se utilizarán las estrategias descritas en el “Manual de horticultura del Cannabis” (Cervantes, 2013)

Cosecha

Esta actividad se realizó de forma manual, cuando el cultivo presentó sus tricomas maduros es decir presentaron una coloración ámbar o color óxido, identificados mediante un microscopio de bolsillo con luz LED, para ello las plantas en estudio deben estar 80% a 90% de la característica explicada.

Métodos de evaluación

Variables agronómicas

Tasa de mortalidad de plantas

Se realizó el conteo de la supervivencia de plantas desde su trasplante hasta su primera semana de adaptación y como un segundo conteo hasta el primer mes por tratamiento, con la siguiente fórmula:

$$TM = \frac{NPM}{PTT} \times 100$$

Dónde:

TM= Tasa de mortalidad.

NPM= Número de plantas muertas.

PTT= Población total del tratamiento.

Altura de la planta

Se midieron todas las plantas del experimento, con un flexómetro y registro en (cm); se tomó desde la base del tallo hasta su ápice. A partir de los 15 días posteriores al trasplante se inició el seguimiento de esta variable, realizándolo una vez al mes hasta el momento de la cosecha Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2002).

Diámetro a la altura de cuello

Se midieron todas las plantas del experimento, con un pie de rey digital y registro en (cm); se tomará en la base del tallo. Después de 15 días del trasplante se empezó con esta variable y con una frecuencia de una vez al mes hasta su cosecha UPOV (2002).

Estado fenológico

Mediante un solo observador, siguiendo el código establecido en el “Manual de horticultura del Cannabis” se registró el número de hojas de la planta a partir del trasplante hasta la cosecha (Cervantes, 2013).

Días a la Floración

Se registraron los días transcurridos, mediante las observaciones en la planta; desde el trasplante y en cada una de las siguientes fases por un solo observador apoyados al “Manual de horticultura del Cannabis” (Cervantes, 2013).

- ✓ **Inicio de Floración:** Esta fase estuvo marcada por el apareamiento de las primeras flores pistiladas, estas se desarrollaron en el nudo detrás de un par de brácteas que se disponen en pares en cada entrenudo. Se registró desde la primera aparición de flor hasta el 50 % en las plantas de estudio y por un solo observador.
- ✓ **Plenitud o engorde:** La plenitud o engorde se reconoció porque la planta deja de crecer en tamaño y comienza a acumular sus flores en los ápices de crecimiento, dejando de lado la producción de ramas o yemas vegetativas y concentrando la

aglomeración de flores pistiladas y brácteas con foliolos modificados que acompañan la composición de la flor en un conjunto denominado cogollos. Las inflorescencias presentaron una cobertura de tricomas glandulares en toda su superficie y las cabezas resinosas comenzaron a volverse transparentes. Mediante el uso de un microscopio de bolsillo (60x-120x) con iluminación LED, se observó y registró esta descripción cuando el 50% de las plantas en estudio mostraron estas características.

- ✓ **Senescencia:** Se reconoció esta fase por el incremento de peso y firmeza de los cogollos de forma visual y la presencia de tricomas glandulares que son pegajosos al tacto y resultan ser muy aromáticos y con una coloración ámbar a la vista al microscopio. Estas características se presentaron en esta fase, el momento idóneo para la cosecha. La observación y registro se realizó cuando las inflorescencias cumplieron en un 75% a 100% las características descritas.

Presencia de flores macho

Dado que los factores externos, la nutrición y el estrés inciden en la diferenciación floral se cuantificaron la totalidad de plantas que expresen flores estaminadas en su inflorescencia por cada tratamiento nutricional. Esto se determinó mediante la observación de los cogollos en completo desarrollo. Se identificaron, registraron y castraron, con lo que se evitó el cruzamiento y producción de semillas que pudieran afectar a la investigación.

Variables de laboratorio

Rendimiento de Biomasa seca

Para esta variable se llevó al laboratorio de Nutrición y Calidad de la EESC 3 plantas correspondientes a cada observación de tratamiento, se pesará y llevará a la estufa a 105°C por 8 horas UPOV (2002).

Se aplicaron las siguientes fórmulas para el rendimiento y porcentaje de materia seca (Velásquez *et al.*, 2008)

- **Materia seca**

$$\%MS = \frac{Prms - Pr}{Prmh - Pr} \times 100$$

Dónde:

Ms= Porcentaje de materia seca.

Pr= Peso del recipiente.

Prmh= Peso del recipiente más la muestra húmeda.

Prms= Peso del recipiente más la muestra seca.

- **Rendimiento**

$$R = PS \times D$$

Dónde:

R= Rendimiento (g m⁻²).

PS= Peso seco (g).

D= Densidad de planta (nº m⁻²).

Posterior a esto los pesos se promediaron y sumaron, dando como resultado peso total/tratamiento que será expresado en g m⁻² con transformación a t ha⁻¹.

Contenido de THC y CBD en las flores

Debido a las características del cultivo, es importante determinar el contenido de THC y CBD por lo cual se tomó la mezcla de 3 plantas por tratamiento en representación por cada observación. Las muestras fueron sometidas a un proceso de molienda añadiendo una bola de cerámica hasta obtener un tamaño de partícula < 1mm, se adiciono 10 ml de etanol, posteriormente se llevó al equipo Fast Prep la cual se agitó por 1 minuto a velocidad de 6.5 m s⁻¹. Se colocó los tubos con las muestras en un baño ultrasonido y se centrifugó por 10 minutos

a 4500 rpm a 5°C; el extracto se pasó a un balón de 50 ml ámbar. Por último, se tomó una alícuota del filtrado para pasar por membrana millipore de 0,22 µm y fue colocado en un vial de 2 ml para inyección en HPLC Oficinas de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC, 2014).

Este inyector tuvo las siguientes condiciones:

- Columna: Restek, RAPTOR ARC-18; 150 mm x 4.6 mm ID. 2.7 µm.
- Temperatura de Columna: 30°C.
- Detector DAD: Longitud de Onda 228 nm.
- Fase móvil: A: Solución acuosa de Amonio Formeato 5 mM, 0,1% ácido fórmico B: Solución de Acetonitrilo HPLC, 0.1% ácido fórmico.
- Flujo: 1,5 ml/minuto (25% A y 75% B).
- Volumen de Inyección: 10µL.
- Tiempo de Cromatografía 12 minutos.

La cuantificación se realiza utilizando una curva de calibración, previamente analizada en el equipo y utilizando la siguiente fórmula:

- **Porcentaje de cannabinoides**

$$\%Cannabinoides = C * VT * FD * F/p$$

Dónde:

C= Concentración de cannabinoides a partir de la curva de calibración (µg mL⁻¹).

VT=Volumen total de extracto (50 ml).

FD= Factor para transformar unidades (f = 0.0001).

P= peso de la muestra (0.5 g)

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables agronómicas

Tasa de mortalidad de las plantas

A continuación, se presentan los resultados de la tasa de mortalidad de las plantas expresada en porcentaje (Tabla 6).

Tabla 6

Tasa de mortalidad de plantas de C. sativa var Cherry Oregon por efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner

Tratamiento	Tasa de Mortalidad (%)
SN 50%	0
SN 75%	0
SN 100%	0
SN 125%	2,35
SN 150%	1,18

Nota. SN: Solución nutritiva. Autoría propia

La causa de mortalidad de las plantas fue por daños provocados por *Ostrinia nubilalis*, a los 3 días después del trasplante, para lo cual, se aplicó el insecticida Evergreen® (2,5ml/L), con lo que se logró frenar la tasa de mortalidad. El gusano barrenador del maíz, se ha registrado en diferentes hospederos, entre ellos el cannabis, incluso se ha señalado que algunas especies, tienen predilección por el cáñamo ante el maíz como lo indican (Fassio *et al.* 2013).

Altura de la planta C. sativa

En la Tabla 7 se evidencia el crecimiento en altura de las plantas de cáñamo, las cuales presentan diferencias significativas a partir de los 15 días después del trasplante hasta el cuarto mes del desarrollo de la planta previo a su cosecha.

Tabla 7

Altura en plantas de C. sativa var Cherry Oregon por efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner

Tratamiento	Altura (cm)									
	15 días después del trasplante		MES 1		MES 2		MES 3		MES 4	
	Media ± D.E.		Media ± D.E.		Media ± D.E.		Media ± D.E.		Media ± D.E.	
SN 50%	22,71 ± 4,40	^a	46,07 ± 8,7	^{ab}	67,64 ± 14,25	^{ab}	75,64 ± 20	^{ab}	77,14 ± 20,1	^{ab}
SN 75%	19,36 ± 5,18	^{ab}	43,57 ± 10,53	^b	66,29 ± 14,07	^{ab}	76,41 ± 16	^{ab}	80,64 ± 14	^{ab}
SN 100%	22,71 ± 2,95	^a	55,57 ± 8,55	^a	77,50 ± 13,69	^a	87,36 ± 14	^a	90,43 ± 14,4	^a
SN 125%	18,79 ± 4,87	^{ab}	50,5 ± 9,82	^{ab}	73,36 ± 14,22	^a	83,86 ± 18	^a	85,79 ± 18,6	^{ab}
SN 150%	17,54 ± 4,00	^b	40,64 ± 8,83	^b	54,79 ± 13,66	^b	65,14 ± 15	^b	69,36 ± 18,9	^b

Nota. Medias ± desviación estándar, medias con letras diferentes pertenecen a grupos estadísticamente heterogéneos ($\alpha > 0.05$) acorde con Tukey. Autoría propia

Las plantas que recibieron el 100% y 50% de la solución presentaron mayor altura con una media de 22,71 cm para las dos concentraciones, luego de 15 días del trasplante.

Durante el primer mes, correspondiente al desarrollo vegetativo, con el tratamiento 100% de la solución nutritiva se obtuvo una altura promedio de 55,57cm, siendo mayor en comparación con los tratamientos. Sin embargo, durante el segundo y tercer mes; es decir durante su desarrollo vegetativo y reproductivo, el tratamiento con 100% y 125% de la solución Steiner presentaron una media superior de 77,5 y 73,36 cm, en el primer bimestre y en el primer trimestre de 87,36 y 83,86 cm respectivamente.

En la senescencia, durante el cuarto mes, previo a la cosecha, el tratamiento que presentó mayor altura, fue el tratamiento con el 100% de la solución nutritiva, con una media de 90,43 cm.

El tratamiento con el 100% de la solución fue significativamente diferente durante el desarrollo de las plantas de cáñamo, respecto a su altura. Este tratamiento, corresponde al control del experimento. Los datos fueron comparados con los resultados obtenidos en el

cultivo de tomate *Solanum lycopersicum L.* al ser sometidos a cuatro concentraciones de solución Steiner. Respecto a la altura de tallos, se obtuvo alturas superiores, en los tratamientos con 125% y 100% de la solución nutritiva, similares a los obtenidos en esta investigación. Los efectos de la fertilización en la altura corresponden a la disponibilidad de nitratos (NO₃) en la Solución Steiner, que actúan como precedentes de proteínas estructurales, aminoácidos y Ca²⁺, como lo expresan (Benavides *et al.*, 2023)

Diámetro a la altura del cuello

La Tabla 8 evidencia el diámetro a la altura del cuello en plantas de *C. sativa*, que no muestra diferencias significativas entre tratamiento, a los 15 días después del trasplante, sino a partir del primer mes.

Tabla 8

D.A.C en plantas de C. sativa var Cherry Oregon por efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner

Diámetro a la altura del cuello D.A.C (cm)					
Tratamiento	15 días después	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
	del trasplante				
	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.
SN 50%	0,249 ± 0,024 ^a	0,544 ± 0,128 ^b	0,91 ± 0,223 ^c	1,087 ± 0,281 ^b	1,177 ± 0,321 ^b
SN 75%	0,246 ± 0,020 ^a	0,596 ± 0,13 ^b	1,056 ± 0,24 ^{bc}	1,294 ± 0,313 ^{ab}	1,394 ± 0,334 ^{ab}
SN 100%	0,252 ± 0,023 ^a	0,684 ± 0,103 ^{ab}	1,242 ± 0,201 ^{ab}	1,477 ± 0,203 ^a	1,591 ± 0,207 ^a
SN 125%	0,248 ± 0,021 ^a	0,792 ± 0,137 ^a	1,392 ± 0,229 ^a	1,571 ± 0,257 ^a	1,661 ± 0,273 ^a
SN 150%	0,231 ± 0,029 ^a	0,647 ± 0,225 ^{ab}	1,102 ± 0,306 ^{bc}	1,317 ± 0,342 ^{ab}	1,438 ± 0,363 ^{ab}

Nota. Medias ± desviación estándar, medias con letras diferentes pertenecen a grupos estadísticamente heterogéneos ($\alpha > 0.05$) acorde con Tukey. Autoría propia

El primer y segundo mes, el tratamiento con 125% de solución nutritiva se destacó por presentar una media mayor en el diámetro a la altura del cuello, con 7,92 y 13,92 cm correspondientes a cada mes. En el caso del tercer y cuarto mes, los tratamientos al 125% y 100% de la solución nutritiva fueron significativamente superiores, en el tercer mes, con 1,571 y

1,477 cm, respectivamente y en el cuarto mes con 1,591 y 1,661 cm para cada tratamiento. La disponibilidad de nutrientes afectó directamente al crecimiento y desarrollo vegetativo de la planta. El grosor del tallo se emplea como parámetro del vigor de la planta, debido a que muestra de manera directa la acumulación de fotosintatos, los cuales pueden ser transportados hacia las áreas que los requieran. En el estudio realizado por Bello *et al.*, (2021) para plantas de tomate, se obtuvieron resultados similares al emplear el 100% y 50% de la Solución Steiner, en el caso del grosor del tallo.

Estado fenológico

En la Tabla 9 se encuentran los resultados obtenidos durante el ciclo de cultivo, con respecto a su desarrollo fenológico, contabilizado por el número de hojas, desde el trasplante que se realizó cuando todas las plantas poseían 4 hojas verdaderas hasta la senescencia.

Tabla 9

Efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner en el estado fenológico de plantas de C. sativa var Cherry Oregon

Concentración de solución	Estado Fenológico (cm)			
	MES 1 Media ± D.E.	MES 2 Media ± D.E.	MES 3 Media ± D.E.	MES 4 Media ± D.E.
SN 50%	58,29 ± 9,4 ^b	87,1 ± 5,25 ^c	99,14 ± 2,32 ^{bc}	99,14 ± 2,32 ^{bc}
SN 75%	57,43 ± 7,6 ^b	87,1 ± 3,21 ^{bc}	100 ± 2,72 ^{bc}	100 ± 2,72 ^{bc}
SN 100%	63,71 ± 1,9 ^{ab}	93,7 ± 5,37 ^{ab}	103,4 ± 3,8 ^b	103,43 ± 3,8 ^b
SN 125%	66 ± 3,4 ^a	98,3 ± 3,02 ^a	108,9 ± 7,71 ^a	108,86 ± 7,71 ^a
SN 150%	61,71 ± 8,6 ^{ab}	87,1 ± 6,87 ^c	98,29 ± 4,63 ^c	98,29 ± 4,63 ^c

Nota. Medias ± desviación estándar, medias con letras diferentes pertenecen a grupos estadísticamente heterogéneos ($\alpha > 0.05$) acorde con Tukey. Autoría propia

Durante el desarrollo fenológico de las plantas de cannabis sativa, el tratamiento con 125% de la solución nutritiva presentó medias superiores y estadísticamente significativas respecto a los otros tratamientos. El número de hojas es empleado como un indicador del crecimiento y desarrollo de la planta, durante el ciclo de cultivo, relacionado con la disponibilidad de K^+ en la solución nutritiva Steiner y su absorción y acumulación en el tejido vegetal, como lo explica (Benavides *et al.*, 2023)

Días de floración

La Figura 2 demuestra los días transcurridos desde el trasplante hasta cada una de las fases de floración: inicio, plenitud y senescencia, que fueron iguales para todos los tratamientos.

Figura 2

Días de floración en C. sativa var Cherry Oregon



Inicio de la floración

37 días después del trasplante



Plenitud o engorde

101 días después del trasplante



Senescencia

132 días después del trasplante

Nota. Días de floración presentes en cáñamo medicinal var Cherry Oregon, bajo invernadero.

Autoría propia

El inicio de floración se registró a los 37 días después del trasplante, con el apareamiento de las flores pistiladas, mientras que la plenitud o engorde, se evidencia a los 78 días transcurrido el trasplante y la senescencia a los 119 días. Por consiguiente, se puede notar que las concentraciones de la solución nutritiva tuvieron un impacto favorable en la floración del cultivo, al disminuir el periodo de inicio de la floración que generalmente sucede a los 56 a 70 días, dependiendo de la variedad. Este patrón, podría estar relacionado con la

disponibilidad de nutrientes en las soluciones nutritivas, sin embargo, al comparar los resultados obtenidos con la investigación realizada por (Aguilar *et al.*, 2018), para la uchuva *Physalis peruviana L.*, la cual se fertilizó, con la solución Steiner a diferentes concentraciones. La floración ocurrió para la solución nutritiva al 150% a los 70 días después del trasplante, en la solución al 100% a los 75 días después del trasplante y la solución al 50% a los 85 días, que difiere con los resultados obtenidos. No obstante, hay que destacar, que la presencia de las flores fue durante el mismo periodo de tiempo, pero las características morfológicas de las flores fueron diferentes, como se evidencio en la cosecha y se adjunta en el Anexo 6

Presencia de flores macho

En la Tabla 10 se registran los porcentajes obtenidos de la cantidad de flores macho, únicamente registradas en el tratamiento 2 (75% de la solución nutritiva) el tratamiento 3 (100% de la solución nutritiva), con 11,76% y 5,88% del total de plantas.

Tabla 10

Efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner en la cantidad de flores macho en C. sativa var Cherry Oregon

Tratamiento	Flores macho (%)
SN 50%	0
SN 75%	11,76
SN 100%	5,88
SN 125%	0
SN 150%	0

Nota. SN: Solución Nutritiva. Autoría propia.

A pesar de que las flores fueron caracterizadas como masculinas, presentaron características, hermafroditas, que incluyen órganos masculinos y femeninos. Por lo general, la

etapa de floración de las plantas masculinas ocurre aproximadamente dos semanas antes que la de las plantas femeninas. La presente investigación se enfocó, en la obtención de flores femeninas, por lo que las flores masculinas, fueron sometidas a castración física. Las flores masculinas solo son necesarias si se busca obtener semillas, pero si el objetivo es obtener flores femeninas, se debe eliminar la población de plantas masculinas como lo explica (Holmes y Punja, 2020).

Variables de laboratorio

Materia Seca

Los datos obtenidos de la materia seca, se reflejan en la Tabla 11, donde no existen diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 11

Efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner en la materia seca en plantas de C. sativa var Cherry Oregon

Tratamiento	Materia Seca (%)			
	Media ± D.E.			
SN 50%	35,3	±	0,24	a
SN 75%	52,2	±	0,2	a
SN 100%	44,4	±	0,23	a
SN 125%	45	±	0,21	a
SN 150%	36,6	±	0,29	a

Nota. Medias ± desviación estándar, medias con letras diferentes pertenecen a grupos estadísticamente heterogéneos ($\alpha > 0.05$) según Tukey. Autoría propia

Los valores de materia seca, difieren de los datos obtenidos por (Martínez *et al.*, 2023) al utilizar la solución nutritiva Steiner, en distintas concentraciones y obtener diferencias

significativas, para el caso de chile poblano *Capsicum annum L.* var. Grossum sendt. La cantidad total de materia seca producida se debe a la capacidad del follaje del cultivo para capturar y aprovechar eficientemente la energía solar disponible durante su período de crecimiento.

Rendimiento

El rendimiento de las plantas de cáñamo, var Cherry Oregon, se ve reflejado en la Tabla 12, en g m⁻² y Tn.ha⁻¹, demostrando diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento 4 (125% de la solución nutritiva) se destaca con una media de 810 g.m⁻² o 8,1 Tn.Ha⁻¹ en comparación a los tratamientos

Tabla 12

Efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner en el rendimiento de plantas de C. sativa var Cherry Oregon

Tratamiento	Rendimiento (g m ⁻²)		Rendimiento (Tn.ha ⁻¹)	
	Media ± D.E.		Media ± D.E.	
SN 50%	310 ±	66,33	3,10 ±	0,10 ^b
SN 75%	515 ±	114,75	5,15 ±	0,10 ^{ab}
SN 100%	635 ±	220,53	6,35 ±	0,20 ^{ab}
SN 125%	810 ±	189,38	8,10 ±	0,20 ^a
SN 150%	335 ±	105,04	3,35 ±	0,10 ^b

Nota. Medias ± desviación estándar, medias con letras diferentes pertenecen a grupos estadísticamente heterogéneos ($\alpha > 0.05$) según Tukey. Autoría propia.

Los resultados obtenidos fueron similares a los logrados en la aplicación de solución nutritiva Steiner al 125% en plantas de tomate *Solanum lycopersicum L.* con medias superiores significativas para esta variable, esta tendencia puede asociarse a una mayor disponibilidad nutrimental en la dosis de solución Steiner.

Contenido de THC y CBD en las flores

El contenido de cannabinoides de las plantas de cáñamo var Cherry Oregon, se ven reflejadas como porcentaje en la Tabla 13.

El contenido de tetrahidrocannabinol (THC), no mostro diferencias significativas entre tratamientos, siendo menor al 1% para todas las concentraciones de la solución nutritiva Steiner.

Sin embargo, la cantidad de cannabidiol (CBD), indica diferencias significativas entre tratamientos, destacándose entre las concentraciones el tratamiento 2 (75% de la solución nutritiva) y el tratamiento 3 (100% de la solución nutritiva), con media de 15,3% y 151,15% del contenido del cannabinoide, respectivamente.

Tabla 13

Contenido de cannabinoides en plantas de C. sativa var Cherry Oregon por efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner

Tratamiento	Contenido de CBD (%)		Contenido de THC (%)	
	Media \pm D.E.		Media \pm D.E.	
SN 50%	13,83 \pm	1,39 ^{ab}	0,05 \pm	0,01 ^a
SN 75%	15,3 \pm	0,29 ^a	0,06 \pm	0,00 ^a
SN 100%	15,15 \pm	0,59 ^a	0,07 \pm	0,03 ^a
SN 125%	14,31 \pm	0,55 ^{ab}	0,06 \pm	0,01 ^a
SN 150%	12,87 \pm	0,59 ^b	0,04 \pm	0,01 ^a

Nota. Medias \pm desviación estándar, medias con letras diferentes pertenecen a grupos estadísticamente heterogéneos ($\alpha > 0.05$) según Tukey. Autoría propia

Al comparar el contenido de cannabidiol (CBD), con la caracterización de la variedad Cherry Oregon, realizada por (Aulestia, 2022), los resultados obtenidos son mayores en la cantidad del cannabinoide en los cogollos de la planta, los cuales varían en el rango de 6,68 \pm

9,2 a 4,19 ± 4,1. Por lo tanto el contenido de CBD, se vio afectado positivamente por la distribución de nutrientes en los tratamientos 2 y 3 (75% y 100% de la solución nutritiva, respectivamente)

El contenido de THC, al ser el componente psicoactivo del cultivo, se encuentra legislado por el Código Orgánico Integral Penal (COIP, 2019), que dispone en el Art. 127.- para las plantas de cannabis no psicoactivo o cáñamo, el contenido de delta-9- tetrahidrocannabinol (THC), debe ser menor al 1% en peso seco y regularizado por la Autoridad Agraria Nacional, por lo tanto, los resultados obtenidos, se encuentran entre los parámetros legales para *C.*

sativa

Curvas de crecimiento

Para la optimización de la Solución Nutritiva Steiner, se realizó curvas de crecimiento, con los datos promedios de cada variable, durante el tiempo del desarrollo del cultivo; para las variables: altura, diámetro a la altura del cuello y estado fenológico, que se demuestran en la Figura 3, Figura 4 y Figura 5

Altura (cm)

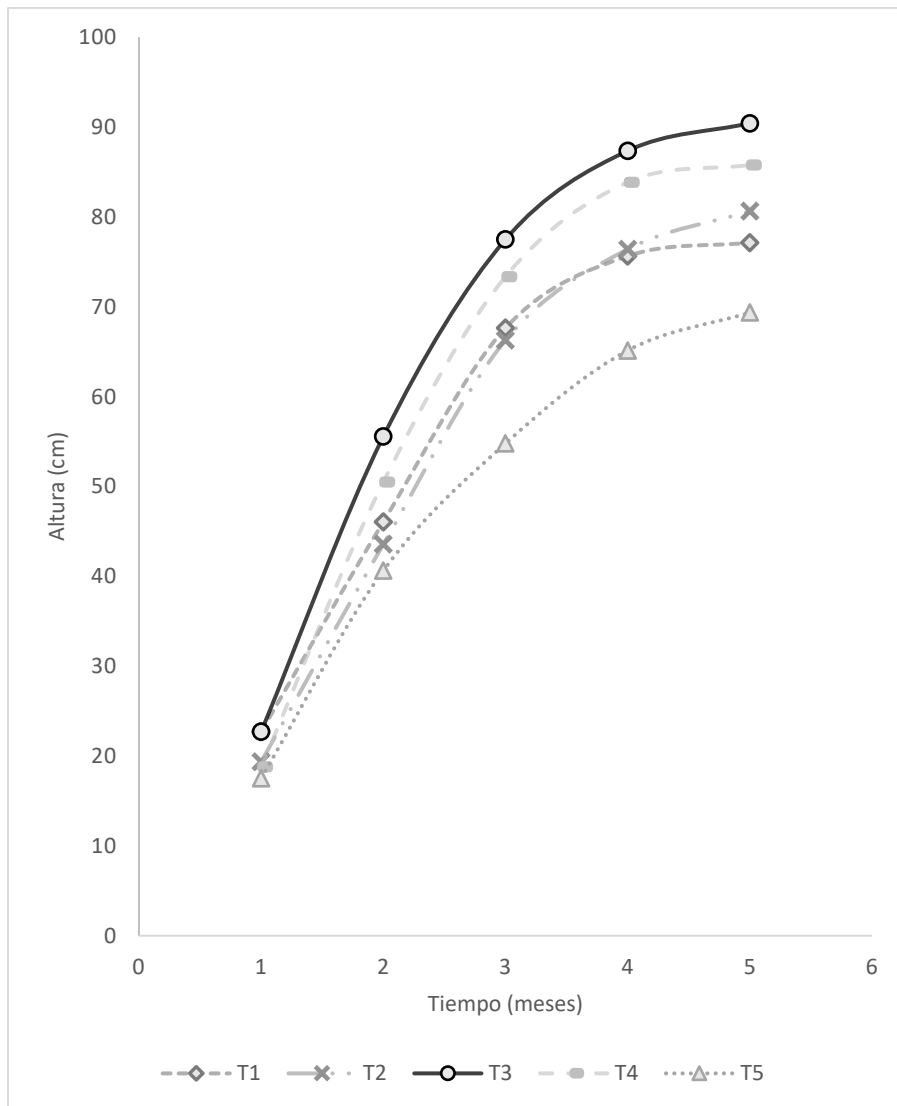
La Figura 3 representa el desarrollo de la planta con respecto a su altura, en la cual se destacan los tratamientos 4 (125% de la solución nutritiva) y el tratamiento 3 (100% de la solución nutritiva) durante el progreso del cultivo, resultados que se afirman con el análisis realizado en la Tabla 7. El tratamiento 3, presento una altura antes de la cosecha de 90,43 cm mientras que el tratamiento 4, con 85,79 cm.

Debido a la concentración de nutrientes en la solución nutritiva, como el NO₃, que actúa como precursor de aminoácidos y proteínas estructurales, así como el Ca²⁺ que desempeña un papel crucial en la formación de la pared celular, se pueden observar efectos significativos en el crecimiento de las plantas. Estos nutrientes son esenciales para el desarrollo adecuado de las

plantas y contribuyen a su altura mediante su participación en procesos fundamentales a nivel celular y estructural.

Figura 3

Altura de las plantas de *C. sativa* var. *Cherry Oregon* por efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner

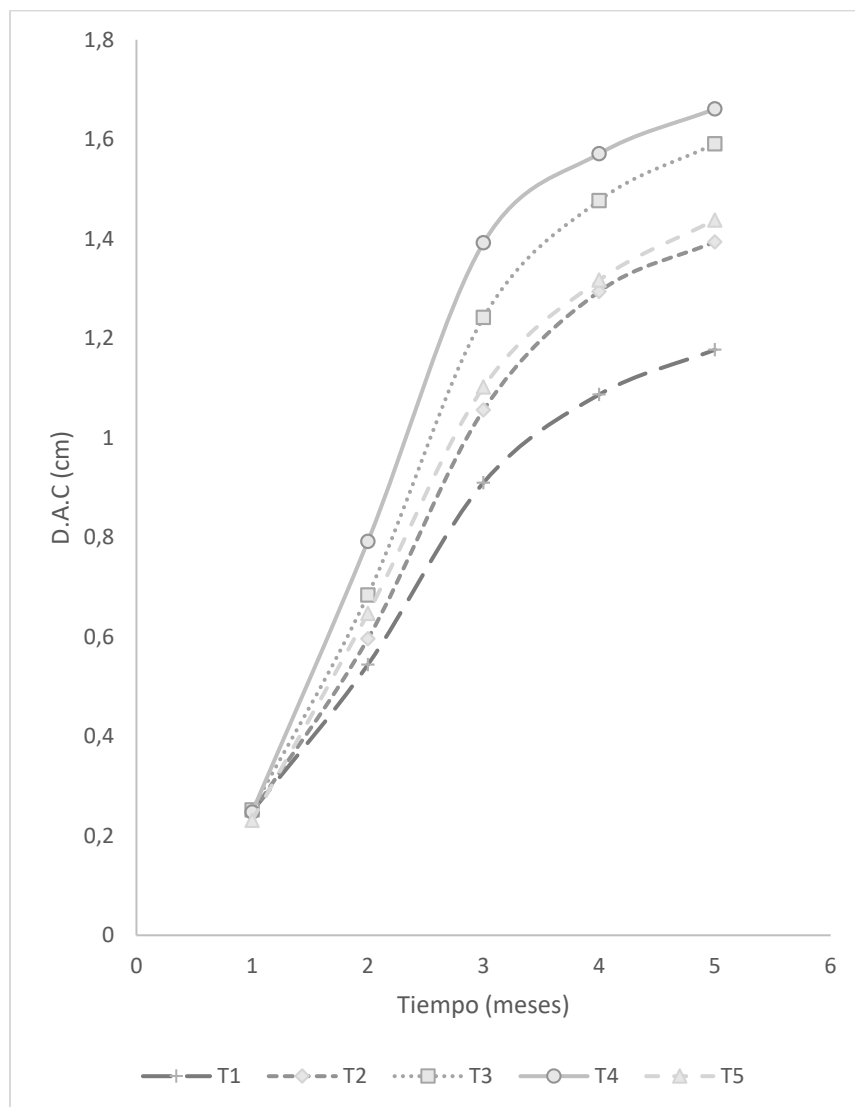


Nota. T1: 50% T2:70% T3: 100% T4:125% T5:150%. Autoría propia.

Diámetro a la altura del cuello (cm)

Figura 4

Diámetro a la altura del cuello (D.A.C) en C. sativa var Cherry Oregon por efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner



Nota. T1: 50% T2:70% T3: 100% T4:125% T5:150%. Autoría propia.

La Figura 4 demuestra el crecimiento en grosor de la planta de cáñamo *C. sativa* var Cherry Oregon, expresado en cm, sobresaliendo las medidas obtenidas en el tratamiento 4

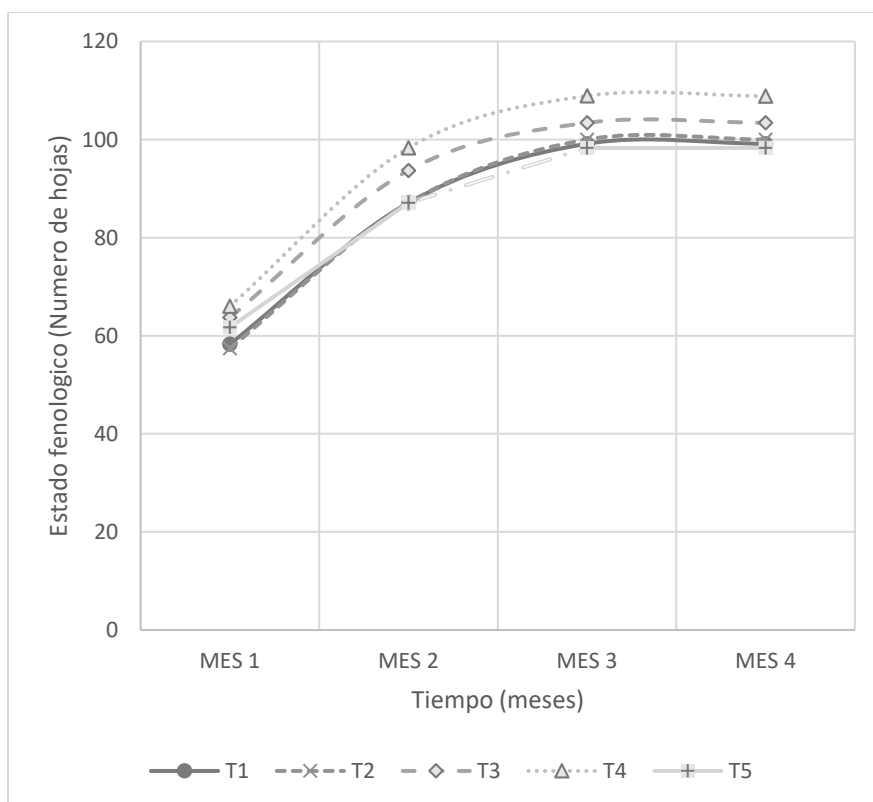
(125% de la solución nutritiva) y el tratamiento 3 (100% de la solución nutritiva), durante los 4 meses del cultivo, resultados que se relacionan con los analizados en la Tabla 8.

El desarrollo y crecimiento del tallo, se encuentran estrechamente relacionados con la salud, vigor y desarrollo de la planta y funciona como indicador para evaluar el ritmo de crecimiento. La concentración de la solución nutritiva, demostró que se obtuvo mayor grosor en el tallo cuando la solución Steiner fue modificada, al 125% y en su estado normal, al 100%, en contraste a las diferentes concentraciones utilizadas en el estudio, como consecuencia de la disponibilidad de nutrientes.

Estado fenológico

Figura 5

Estado fenológico en plantas de C. sativa var Cherry Oregon por efecto de cinco concentraciones de la solución nutritiva Steiner



Nota. T1: 50% T2:70% T3: 100% T4:125% T5:150%. Autoría propia.

El estado fenológico de las plantas de cáñamo, variedad Cherry Oregon, se obtuvo contabilizando el número de hojas durante el cultivo, como indicador de crecimiento, lo que se demuestra en la Figura 5. donde el tratamiento 4 (125% de la solución nutritiva) sobresale ante los demás tratamientos, resultados relacionados, con los obtenidos en el análisis realizado en la Tabla 9. La formación y desarrollo de las hojas son de gran importancia debido a su función esencial en el proceso de la fotosíntesis. Además, están estrechamente relacionadas con el desarrollo vegetativo de la planta, porque un aumento en la cantidad de hojas contribuye al crecimiento vegetativo y a los procesos fotosintéticos. La disponibilidad de nutrientes en las diferentes concentraciones de la solución nutritiva, influyo sobre los patrones fenológicos del número de hojas. En el presente estudio de investigación, se observó que el tratamiento 4 (Steiner al 125%) resultó en un mayor número de hojas en comparación con los otros tratamientos analizados.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La solución nutritiva Steiner, en las concentraciones de 100% y 125% mejoran los parámetros agronómicos de *Cannabis sativa* var Cherry Oregon, con respecto a su altura y diámetro a la altura de cuello, variables que presentaron medias superiores con el tratamiento 4, durante los 4 meses del cultivo
- Durante el ciclo de cultivo, los tratamientos no presentaron diferencias en el tiempo que se presentó cada etapa fenológica de la planta. El inicio de floración se registró a los 37 días después del trasplante, con el apareamiento de las flores pistiladas, mientras que la plenitud o engorde, se evidencia a los 78 días transcurrido el trasplante y la senescencia a los 119 días.
- La concentración al 125% de la solución nutritiva se destacó en la variable rendimiento, calculado mediante la biomasa seca, obtenida después del proceso de secado y curado de las plantas, con una media de 810 g.m⁻² o 8,1 Tn.Ha⁻¹
- El contenido de CBD, se vio afectado positivamente por la distribución de nutrientes en los tratamientos con 75% y 100% de la solución nutritiva, con contenidos de 15,3 y 15,15%; sin embargo, el contenido de THC, fue similar para todos los tratamientos presentando contenidos menores al 1%, cumpliendo con el reglamento establecido por el Código Integral Penal en el Ecuador
- En cuanto a las variables agronómicas la solución nutritiva Steiner al (125% y 100%) demostró que promueve un mayor crecimiento en altura y diámetro a la altura del cuello de la planta

Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios bromatológicos, en plantas de cáñamo medicinal con el fin de analizar y evaluar la composición química y nutricional, para determinar la composición proximal de proteínas, carbohidratos, grasas, fibra y agua de la planta.
- Se sugiere cuantificar la cantidad de CBG cannabigerol, por su potencial en aplicaciones terapéuticas
- Se aconseja utilizar la solución Steiner para nutrición de plantas de cáñamo medicinal, variedad Cherry Oregon bajo invernadero, en concentraciones de 100 y 125%

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, C., Juárez, P., Campos, I., Alia, I., Sandoval-Villa, M., y López-Martínez, V. (2018). *Analysis of growth and yield of cape gooseberry (Physalis peruviana L.) grown hydroponically under greenhouse conditions. Revista Chapingo, Serie Horticultura, 24(3), 191–202.* <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.07.024>
- Ángeles, G., Brindis, F., Cristians, S., y Ventura, R. (2016). *Cannabis sativa L., una planta singular* [Archivo PDF]. <https://www.redalyc.org/pdf/579/57940028004.pdf>
- Aranjo, J., y Mateus, C. (2020). *Análisis económico de la industria de Cannabis medicinal en América* [Tesis de Masterado, Universidad Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico]. <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/17454>
- Aulestia, D. (2022). *Caracterización nutricional, funcional y perfil de cannabinoides de la planta del cáñamo (Cannabis sativa L.), cultivar Cherry Oregon Hemp* [Trabajo de titulación, Universidad Central del Ecuador] <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26949>.
- Bello, E., Campante, B., Castro, M., Lazcano, I., Hernández, N., Hernández, I., Fletes, R., Ruíz, M., y Tornero, A. (2021). *Evaluación de sustratos, solución nutritiva y enraizador en producción de plántulas de jitomate. Revista Mexicana de ciencias agrícolas, 78,* https://www.researchgate.net/publication/349013091_Evaluacion_de_sustratos_solucion_nutritiva_y_enraizador_en_produccion_de_plantulas_de_jitomate
- Benavides, A., Cabrera, M., Diaz, F., Garcia, A., Juarez, A., Robledo, V., y Sandoval, A. (2023). *Influencia de cuatro concentraciones de solución Steiner sobre los nutrientes en la solución del suelo y productividad en tomate (Solanum lycopersicum L.). Revista Terra Latinoamericana 6-10* <https://www.researchgate.net/publication/369805256>
- Brown, D. (2003). *Cannabis*. [Artículo en línea] <https://www.brown.edu/public-health/caas/find-study/marijuana>
- Cervantes, J. (2013). *Libros de cultivos La Marihuana*. Editorial High Times
- Código Orgánico Integral Penal. (COIP, 2019). *Ley Orgánica Reformatoria Al Código Orgánico Integral Penal Art 127.* https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/Acuerdo-Ministerial-148_Reglamento-para-el-uso-terapeutico-prescripcion-y-dispensacion-del-cannabis-medicinal-y-productos-farmaceuticos-que-contienen-cannabinoides.pdf
- Cómo se forman el THC y CBD: entender la vía cannabinoide* (2 de mayo de 2023). Royal Queen Seeds [Artículo en línea]. <https://www.royalqueenseeds.es/content/204-como-se-forman-el-thc-y-cbd-entender-la-via>

- cannabinoides#:~:text=LAS%20FORMAS%20ÁCIDAS%20DE%20LOS,%3A%20THC%2C%20CBD%20y%20CBC.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO STAT]. (3 de mayo de 2023). *Cantidades de producción de Cáñamo*. [Artículo en línea]. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- Fassio, A., Rodríguez, M., y Ceretta, S. (2013). *Cáñamo (Cannabis sativa L.)*. [Catálogo]. 40. https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2348
- Favela, E., Preciado, P., y Mendoza, A. (2006). *Manual para la preparación de soluciones nutritivas*.
- García, M. (2018). *Manual sobre Cannabis Medicinal*. [Archivo PDF]. <https://medicinainterna.net.pe/sites/default/files/Manual%20sobre%20Cannabis%20Medicinal.pdf>
- Garza, J. (5 de noviembre 2020). *Conozca las tres variedades de cáñamo que siembra el MAG para investigación*. *La República*. [https://www.larepublica.net/noticia/conozca-las-tres-variedades-de-canamo-que-siembr-el-mag-para-investigacion#:~:text=Maya%20Grain%2C%20Cherry%20Blossom%20y,de%20Tecnología%20Agropecuaria%20\(INTA\)](https://www.larepublica.net/noticia/conozca-las-tres-variedades-de-canamo-que-siembr-el-mag-para-investigacion#:~:text=Maya%20Grain%2C%20Cherry%20Blossom%20y,de%20Tecnología%20Agropecuaria%20(INTA))
- Hanan, A., y Mondragón, J. (07 de abril de 2023). *Cannabis sativa L. Marihuana, cáñamo*. [Artículo en línea]. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/cannabaceae/cannabis-sativa/fichas/ficha.htm>
- Holmes, J., y Punja, Z. (2020). Hermaphroditism in Marijuana (*Cannabis sativa L.*) Inflorescences – Impact on Floral Morphology, Seed Formation, Progeny Sex Ratios, and Genetic Variation. *Frontiers in Plant Science*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00718>
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2021). *GeoPortal Ecuador*. <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (3 de abril de 2023). *Estadísticas Agropecuarias*. <https://www.ecuadrencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Juárez, G. (2006). *Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal*. *Revista Asociación Interciencia*, 6-8 <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911503.pdf>
- Kaparovsky, A. (4 de abril de 2023). *Smart Fertilizer Software*. Management Cannabis <https://www.smartfertilizer.com/es/articles/nutrient-management-cannabis/>

- León, J. (2017). El aceite de Cannabis. *Revista de la Sociedad Química del Perú*
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2017000300001
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG] (3 de abril de 2023). *Cáñamo*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.agricultura.gob.ec/canamo/>
- Martínez, N., Castro, R., Pérez, M., y Rodríguez, J. (2023). Análisis de crecimiento y dinámica nutrimental de chile poblano (*Capsicum annuum* L. var. *grossum* sendt), bajo invernadero. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 1950–1971. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4536
- McMillan, D. (05 de abril de 2023). *Oregon Cherry Rhizo Sciences Hemp Extracts*. [Artículo en línea]. <https://rhizosciences.com/cbd-hemp-cultivars/oregon-cherry/>
- Oregon Cherry. (7 de abril de 2023). *Green Valley*. [Artículo en línea]. <https://cbdgreenvalley.com/product/oregon-cherry/>
- Steiner. (1961). *Solución Nutritiva. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition*. Editorial Plant Soil. 15: 134- 154.
- Tejedor, E. (05 de abril de 2023). *Determinación de los cannabinoides y terpenos en muestras de cannabis y resina de Cannabis en Castilla y León*. [Artículo en línea]. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/71318/1/T43101.pdf>
- Trejo, L., y Gómez, F. (2012). *Hydroponics: A Standard Methodology for Plant Biological Researches*.
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito [UNODC] (2014). *Métodos recomendados para la identificación y el análisis del cannabis y los productos del cannabis, Manual para uso de los laboratorios nacionales de estupefacientes*, 20-60 https://www.unodc.org/documents/scientific/Cannabis_manual-Sp.pdf
- Unión internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales [UPOV] (2002). *Introducción General al Examen de la Distinción, la Homogeneidad y la Estabilidad ya la Elaboración de Descripciones Armonizadas de las Obtenciones Vegetales*. https://www.upov.int/resource/es/introduction_dus.html
- Velásquez, J., Monteros, A. T., y Tapia B., C. (2008). *Semillas, tecnología de producción y conservación*. INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/56/1/iniapsc280.pdf>